

*Željko Jeleč<sup>1</sup>*

*Branka R. Matković<sup>2</sup>*

*Saša Baščevan<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Opća bolnica Sisak*

*<sup>2</sup>Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu*

*Izvorni znanstveni rad*

## **OMJER RESPIRACIJSKE IZMJENE KOD DJEVOJČICA: LONGITUDINALNA STUDIJA**

### **UVOD**

Omjer respiracijske izmjene (engl. Respiratory Exchange Ratio-RER) omjer je između količine izdanog (izdahnutog) ugljičnog dioksida i primljenog (udahnutog) kisika tijekom obavljanja određenog rada. Ista vrijednost, promatrana na staničnoj razini, naziva se respiracijski kvocijent (engl. Respiratory Quotient-RQ). Utvrđivanjem RER moguće je procijeniti koji se od glavnih energetske supstrata koristi prilikom obavljanja određenog rada tj. tjelesne aktivnosti. Ovisno o energentu koji se koristi vrijednost RER se mijenja i varira od 0,7 (kada se iskorištavaju isključivo masti) do 1,0 (kada se troše samo ugljikohidrati). Za bjelančevine, koje u energetskom metabolizmu igraju vrlo malu ulogu, RER iznosi 0,8. Respiracijski kvocijenti za mast i bjelančevine manji su od respiracijskog kvocijenta za ugljikohidrate zato što se veliki dio kisika koji ulazi u metaboličke procese s mastima i bjelančevinama upotrebljava za spajanje s viškom vodikovih atoma koji postoje u molekulama tih tvari. Tako se u odnosu na utrošeni kisik stvara manje ugljičnog dioksida. Kod osoba s uravnoteženom prehranom prosječan RER je 0,825 (Guyton 2004).

Vrlo su rijetki do sada objavljeni radovi u kojima se utvrđuju promjene RER kod djece i adolescenata tijekom dulje fizičke aktivnosti. Rezultati dobiveni u većini istraživanja provedenih na osobama mlađe životne dobi, sugeriraju značajnije iskorištavanje masti u odnosu na odrasle osobe.

Cilj je ovog istraživanja utvrditi kretanje omjera respiracijske izmjene tijekom progresivnog opterećenja na pokretnom sagu kod djevojčica u dobi od devet do osamnaest godina.

### **METODE ISTRAŽIVANJA**

Eksperimentalni rad proveden je na uzorku izabranom iz populacije školske djece grada Zagreba. Istraživanje je provedeno longitudinalno, odnosno iste ispitanice praćene su od početka do kraja istraživanja. Skupina od 50 djevojčica prvi puta je

testirana kada su imale 9 godina i praćene su do svoje navršene 18. godine. Sva mjerenja izvršena su u laboratorijima Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Sve ispitanice podvrgnute su progresivnom maksimalnom testu opterećenja na pokretnom sagu. Pomoću aparature Ergopneumotest kontinuirano je određivan primitak kisika te oslobađanje ugljičnog dioksida. Na osnovi tih varijabli određena je i vrijednost RER.

Dobiveni rezultati obrađeni su standardnim statističkim postupcima kako bi se utvrdile njihove osnovne karakteristike: aritmetička sredina, standardna devijacija te raspon najmanje i najveće vrijednosti. Razlike između dobivenih vrijednosti RER u odnosu na kronološku dob analizirane su metodom jednosmjerne analize varijance za ponovljena mjerenja (zavisne podatke).

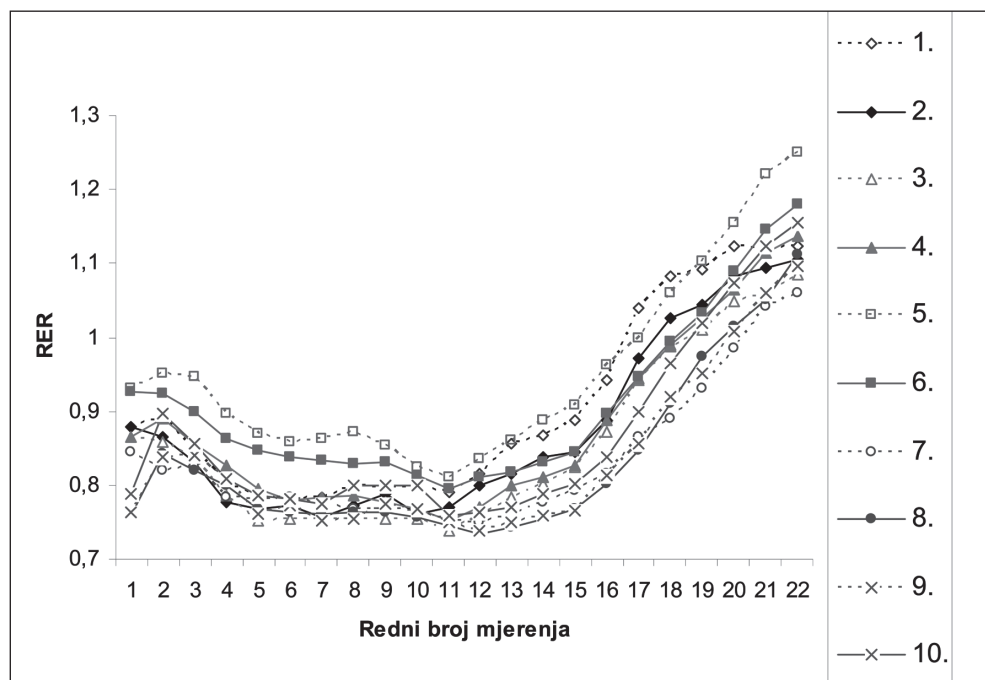
## REZULTATI I RASPRAVA

Dobiveni rezultati prezentirani su grafički (slika 1). Tijekom svakog godišnjeg mjerenja, koje je trajalo 11 minuta, pod uvjetom da je ispitanica izdržala sve faze mjerenja, u intervalima od 30 sekundi registrirane su vrijednosti praćenih varijabli: primljeni tj. udahnuti kisik ( $VO_2$ ), oslobođeni tj. izdahnuti ugljični dioksid ( $VCO_2$ ) i omjer respiracijske izmjene (RER). Na taj način, tijekom svakog godišnjeg mjerenja, za svaku od ispitanica dobili bismo po 22 vrijednosti za gore navedene varijable.

Tako dobiveni rezultati za svaku pojedinu ispitanicu su obrađeni te su izračunate prosječne vrijednosti svih ispitanica za svaku od praćenih varijabli u određenoj godini. U završnoj fazi, uspoređivane su tako dobivene prosječne vrijednosti za svaku od deset godina koliko je provedeno istraživanje.

Iz slike 1. može se zaključiti da vrijednost omjera respiracijske izmjene raste s povećanjem stupnja opterećenja kojem su podvrgnute ispitanice, ali porast vrijednosti ne ovisi o kronološkoj dobi ispitanica.

Najviše vrijednosti RER zabilježene su kod tjelesnog opterećenja najvišeg stupnja, što je bio i očekivani ishod. Trend porasta RER tijekom testa nije konstantan. U ranijim fazama svakog mjerenja, tj. kod tjelesnog opterećenja nižeg stupnja, bilježi se najprije pad vrijednosti RER, što se objašnjava prilagodbom ispitanica na uvjete u kojima se vršilo mjerenje (ispitanice su na usta i nos dobile masku preko koje su mjerene vrijednosti utrošenog  $O_2$  i oslobođenog  $CO_2$ ). Opisani blagi pad vrijednosti RER bilježi se tijekom prvih 5,5 minuta mjerenja, što odgovara drugom stupnju opterećenja u kojem ispitanice trče brzinom 9,6 km/h uz nagib od 14%. Nakon toga, vrijednosti RER počinju rasti proporcionalno porastu stupnja tjelesnog opterećenja, da bi na kraju, u točki najvećeg opterećenja te vrijednost prešle vrijednost 1 za svaku kronološku dob. Navedeno se događa zbog laktatnog puferiranja te zbog prebacivanja



**Slika 1.** Promjena RER u odnosu na stupanj opterećenja (redni broj mjerenja 1-22) i kronološku dob ispitanice (krivulje označene 1-10). Krivulja 1 označava najnižu kronološku dob (9 godina), krivulja 10 označava najvišu kronološku dob (18 godina).

organizma na anaerobni metabolizam, kada dolazi do dodatnog stvaranja ugljičnog dioksida kao bioproizvoda bikarbonatnog sustava.

Iz nižih vrijednosti RER dobivenih početkom svakog mjerenja može se zaključiti da se u početnoj fazi, na nižem stupnju tjelesnog opterećenja, kao glavni energetski supstrat iskorištavaju masti. S povećanjem opterećenja dolazi i do porasta vrijednosti RER pa se kao izvor energije u većoj mjeri iskorištavaju ugljikohidrati.

Opisane promjene prosječnih vrijednosti RER događaju se za svaku pojedinu kronološku dob, a vrijednosti RER ne rastu u ovisnosti o dobi, tj. najviša vrijednost RER ne odgovara najstarijoj kronološkoj dobi. Metodom jednosmjerne analize varijance za ponovljena mjerenja, utvrđeno je da postoji značajna statistička razlika među svim fazama pojedinog mjerenja, bez obzira na kronološku dob. Ta razlika također raste sa stupnjem tjelesnog opterećenja. Najviša vrijednost RER zabilježena je u petoj godini praćenja, što bi odgovaralo kronološkoj dobi od 13 godina, odnosno godini nastupa menarhe kod ispitanica (prosječno 12,95 godina).

Uvidom u literaturu te usporedbom s rezultatima istraživanja drugih autora, može se zaključiti da je do maksimalne prosječne vrijednosti RER došlo nakon što su vrijednosti estrogena dostigle određenu razinu. Ta granična vrijednost serumskog estrogena individualno je različita a prema Jenneru (1972) njena prosječna vrijednost iznosi 220 pmol/L. Spolnim sazrijevanjem pod utjecajem gonadotropina koji se početkom puberteta počinju pojačano izlučivati, dolazi do povećanja koncentracije estrogena u plazmi. U jednoj fazi spolnog sazrijevanja, postiže se koncentracija estrogena koja je dovoljna da dovede do maksimalnih vrijednosti RER-a, a posljedično i do povećanog anaerobnog kapaciteta ispitanice, tj. do povećane sposobnosti podnošenja tjelesnog opterećenja. Spomenuta granična koncentracija serumskog estrogena individualno je različita, a postiže se upravo u vrijeme nastupa menarhe.

## LITERATURA

1. Asano, K., Hirakoba, K. (1984). Respiratory and circulatory adaptation during prolonged exercise in 10- to 12-year-old children and in adults. U: Imaarinen, J., Vaalimaki, I. (ed.) Children and sport. Berlin, Springer-Verlag, 119-128.
2. Borer, K.T. (2003). Exercise endocrinology. Human Kinetics, Champaign (IL).
3. Bunt, J. (1990) Metabolic actions of estradiol: Significance for acute and chronic exercise responses. *Med Sci Sports Exerc*, 22:286-290.
4. Guyton, A.C., Hall, J.E. (2004). Medicinska fiziologija. Medicinska naklada, Zagreb.
5. Jenner, M.R., Kelch, R.P., Kaplan, S.L., Grumbach, M.M. (1972). Hormonal changes in puberty. IV. Plasma estradiol, LH and FSH in prepubertal children, pubertal females and in precocious puberty, premature thelarche, hypogonadism and in a child with a feminizing ovarian tumor. *J Clin Endocrinol*, 34:521-531.
6. Martinez, L.R., Haymes, E.M. (1992). Substrate utilization during treadmill running in prepubertal girls and women. *Med Sci Sports Exerc*, 24 (9):975-983.
7. Plowman, S.A., Smith, D.L. (2010). Exercise physiology for health, fitness, and performance. New York, LWW.
8. Rowland, T.W., Rimany, T.A. (1995). Physiological responses to prolonged exercise in premenarcheal and adult females. *Pediatr Exerc Sci*, 7:183-191.

## RESPIRATORY EXCHANGE RATIO FOR GIRLS: A LONGITUDINAL STUDY

### ABSTRACT

The aim of this research was to determine the changes in the respiratory exchange ratio during the progressive load on a treadmill for girls aged 9 to 18. The research was conducted on a sample selected from a population of schoolchildren in Zagreb, and was longitudinal- a group of 50 girls aged 9 was observed until they were 18. All female respondents were exposed to progressive maximal load test on a treadmill. Oxygen uptake and release of carbon dioxide were continuously measured by using Ergopneumotest apparatus. The value of RER based on these variables was determined. The obtained results were analyzed using standard statistical procedures so that their main characteristics could be determined. In the early stages of each measurement, i.e. with the lower level of physical load, lower level of RER values was recorded, while the highest values were observed in body load of the highest level exceeding the value 1 for each chronological age at the point of the highest load. The highest level of RER was observed in the fifth year of monitoring thus corresponding to the chronological age of 13, or in other words, at the age when girls get their period for the first time.

*Key words: RER, metabolism, girls*